

# **Wege zur Quantifizierung der Auswirkungen von Versiegelungen auf den Abfluss bei konvektiven Starkregen für Intensivsiedlungsräume des oberösterreichischen Salzkammergutes**

von / by

Klaus Klebinder, Wolfram Bitterlich, Bernhard Kohl,  
Michael Schiffer und Gerhard Markart

## **Zusammenfassung**

Mehrwassermengen durch Oberflächenabfluss aus versiegelten Flächen stellen einen nicht zu unterschätzenden abflusserhöhenden Faktor für Wildbäche und deren Vorfluter dar. Versiegelungen bedeuten nicht nur eine Erhöhung der Abflussspenden, sondern auch eine deutlich raschere Konzentration des anfallenden Oberflächenabflusses. Sie führen damit zu einer Verschärfung der Hochwassersituation und bergen ein erhöhtes Gefahrenpotential für die Unterlieger. Diese Fragestellung wurde in einer Kooperation der WLV-Oberösterreich und des BFW für das oberösterreichische Salzkammergut untersucht. Als erste Ergebnisse liegen eine Anleitung zur Beurteilung der Abflussdisposition vor der Versiegelung und ein Berechnungstool, mit dem Erhöhungen der Abflussspenden durch Versiegelungen sowie die Wirkung verschiedener hydrologischer Maßnahmen dimensioniert werden können, vor.

## **Abstract**

An increasing amount of surface runoff due to soil surface sealing forms a factor which is successively leading to increase of runoff freight in torrents and receiving water courses. Surface sealing does not only rise runoff freight, but means also an increase of surface runoff velocity and a decrease of concentration time. The consequences are an intensification of flooding events and a higher risk potential for downstream riparian settlements.

The question of surface sealing has been investigated in a cooperation between WLV - Section Upper Austria and BFW in the Upper Austrian Salzkammergut. A code of practice for assessment of runoff disposition before sealing and a calculation tool, which shall serve for calculation of runoff increases due to sealing and for quantification of different prevention measures, are presented as the first results of the project.

## **1 Einleitung und Problemstellung**

Während aus unbebautem Gelände in der Regel nur ein geringerer Teil der Niederschlagsmenge oberflächlich abfließt und im Vorfluter abflusswirksam wird, tritt der Abfluss aus versiegelten Flächen verstärkt und beschleunigt auf, was neben der

negativen Beeinflussung des Gesamtwasserhaushaltes der Siedlungsgebiete eine Verschärfung der Hochwassersituation mit sich bringen kann (Sieker und Sieker 2003). In vielen Fällen werden Unterlieger, die bis dato von Hochwässern nicht oder nur in geringem Maße betroffen waren, nun mit einem erhöhten Gefahrenpotential konfrontiert (flächige Überschwemmungen, Überschotterungen der Liegenschaften, etc.). Will man daher die Abflussverhältnisse bzw. die Wasserbilanz eines bebauten Gebietes den Verhältnissen einer vergleichbaren unverbauten Fläche annähern, sind besonders auf Einheiten mit kritischem Abflussverhalten bzw. hoher Abflussbereitschaft und in geologisch labilen Bereichen geeignete Maßnahmen zur Kompensation des verstärkten Oberflächenabflusses zu setzen.

Um den Informationsstand zu diesem Thema zu verbessern und nachvollziehbare Bewertungs- und Berechnungsgrundlagen zu erhalten, haben Mitarbeiter der Gebietsbauleitung Salzkammergut der WLW, Sektion Oberösterreich und des Institutes für Naturgefahren und Waldgrenzregionen am BFW umfangreiche Untersuchungen zur Abschätzung der Änderung der Abflussverhältnisse durch Versiegelungen durchgeführt.

## **2 Methodik**

An rund achtzig Standorten (Baulanderwartungsflächen, Standorte im Siedlungsnahbereich) im oberösterreichischen Salzkammergut wurden nach einem gegenüber der Geländeanleitung von Markart et al. (2004) erweiterten Aufnahmeschlüssel die wichtigsten Standortfaktoren erhoben und die Abflussdisposition und Rauigkeit angesprochen. In einer umfangreichen Auswertung wurden Zusammenhänge zwischen dem Abflussverhalten und den Standortseigenschaften (Komplex Vegetation-Nutzung-Boden-Geologie) untersucht (Klebinder et al. 2007). Auf sieben gebietsrepräsentativen Standorten erfolgten Starkregensimulationen bei Intensitäten ( $i_N$ ) von 100 bzw. 30  $\text{mmh}^{-1}$  nach der Methode von Markart und Kohl (1995). Weitere Erhebungen umfassten die Beschreibung der Vegetation und der Landnutzung, sowie die Bestimmung der wichtigsten bodenphysikalischen Kennwerte auf den Beregnungsflächen. Die ermittelten Feld- und Labordaten sowie Vergleichswerte aus andern Gebieten des Ostalpenraumes mündeten in eine „Anleitung zur Beurteilung der Abflussdisposition potentieller Siedlungsflächen im oberösterreichischen Salzkammergut“ (Klebinder et al. 2007). Parallel dazu wurde ein Berechnungsansatz zur einfachen Abschätzung der Abflussspitze und -fracht infolge von Versiegelungen entworfen.

## **3 Bearbeitungsgebiet**

Das Bearbeitungsgebiet umfasst den Arbeits- und Zuständigkeitsbereich der Gebietsbauleitung Salzkammergut des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung.

Geologisch wird das Gebiet durch Einheiten der nördlichen Kalkalpen sowie durch die rhenodanubischen Flyschzone abgedeckt. Serien der helvetischen Klippenzone (Buntmergelserie) finden sich sowohl im Grenzbereich zwischen Kalkalpen und

Flyschzone als auch an mehreren Stellen innerhalb der Flyschzone tektonisch eingeschuppt. Die Eismassen des Traungletschers hinterließen ausgedehnte fluvioglaziale Lockersedimentserien wie Grund-, Seiten- und Endmoränen sowie ausgeprägte Terrassenformen.

Als natürliche Waldgesellschaft dominiert der Buchenwald mit Beimischung von Tanne (höhere Anteile auf Pseudogley-Standorten in Flyschgebiet), Bergahorn und Esche. Die Wälder sind jedoch häufig anthropogen zu Fichte-Tanne, Fichte-Buche oder zu Fichten- bzw. Buchen-Reinbeständen entmischt. Die Pflanzenbestände der Kulturwiesen, Mähweiden und Wirtschaftswiesen und ihre floristische Zusammensetzung variiert entsprechend der vorherrschenden Bodentypen. Im Bereich der Seen sind als Sonderstandorte häufig Nass- bzw. Feuchtwiesen, Verlandungszonen und Mooregebiete anzutreffen. Der primär siedlungsrelevante Bereich erstreckt sich in der submontanen (400-600 m) und tiefmontanen (600-800 m) Höhenstufe.

Das Klima im Bereich des Salzkammergutes liegt am Übergang des atlantisch geprägten Klimas (süddeutsche Klimaprovinz) des Alpenvorlandes zum alpinen Klima der nördlichen Kalkalpen. Die nördlichen Kalkalpen stellen für Frontsysteme, welche hier vorwiegend aus NW eintreffen, eine ausgeprägte Barriere dar, wodurch das Salzkammergut weitgehend als Staurengengebiet bezeichnet werden kann. Als Folge von Aufgleitniederschlägen weist das Gebiet hohe Niederschlagssummen auf, der mittlere Jahresniederschlag im Bearbeitungsgebiet liegt bei rund 1500 mm. Dabei erstrecken sich die Werte von 1160 mm in Gmunden über 1690 mm in Bad Ischl bis zu knapp 2000 mm im Bereich des Dachsteins. (BMLFUW 2005, Kartenblatt 2.3).

## **4 Versiegelung und Maßnahmenplanung**

Der Begriff „Versiegelung“ ist in der Fachliteratur nicht einheitlich definiert. Nach Becker (1995, zit. in Löber 2001) gelten in der Wasserwirtschaft nur wasserundurchlässige Flächenanteile als versiegelt, dagegen werden in der Landschaftsplanung, wo der Begriff in den 1970er Jahren entstanden ist, auch wasserdurchlässige Beläge als versiegelt betrachtet (Berlekamp 1992, zit. in Löber 2001).

Derzeit wird in der Siedlungswasserwirtschaft der Weg beschritten, den bei der „Versiegelung“ einer Fläche entstehenden Mehranfall an Oberflächenwasser zu versickern, zu retendieren oder schadlos abzuleiten (Verschlechterungsverbot nach dem WRG 1959, § 39 (1)). Als Dimensionierungsgrundlagen für Versickerungsanlagen, Retentionsbecken, Regenwasserkanäle, etc. finden die einschlägigen Normen der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall; früher ATV – Abwassertechnische Vereinigung) oder der DIN Verwendung.

Diese Praxis birgt jedoch gerade für die hydrologische Bewirtschaftung der beengten und in hohem Maße durch Naturgefahren gefährdeten Siedlungsräume im Alpenraum ein gefährliches Paradoxon:

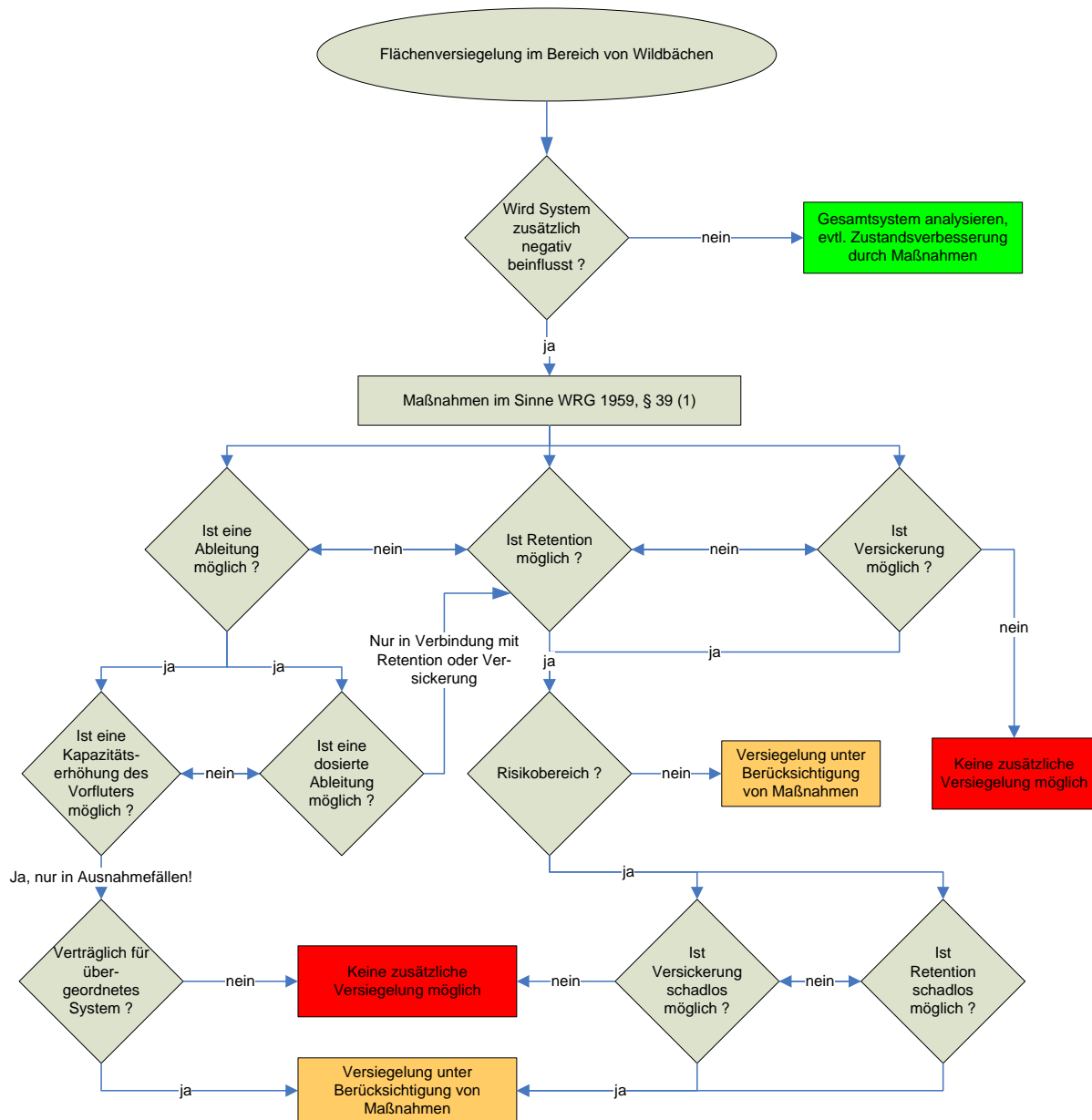
- a) Unter Bezug auf das Verschlechterungsgebot (WRG 1959, § 39 (1)) müssen auf Standorten mit geringer Abflussbereitschaft die durch die Verbauung oder Versiegelung zusätzlich auftretenden Oberflächenwässer schadlos abgeführt bzw. retendiert werden. Es muss also auf jenen Standorten, welche in der Regel hohes Puffervermögen aufweisen, ein deutlich höheres Volumen zurückgehalten werden als
- b) auf Einheiten mit hohem Abflusspotential. Hier ist nur der durch die Baumaßnahme bedingte geringe Mehranfall an Oberflächenwässern zu retendieren bzw. schadlos abzuführen.

Nun handelt es sich bei den unter b) angeführten Einheiten in der Regel um kritische Bereiche im Tätigkeitsbereich des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung. In diese Gruppe fallen Standorte mit bindigem oder dichtem Untergrund, natürlich hohem Hangwasserangebot, etc. Zudem wird durch flächige Verbauung die Rauigkeit der Oberfläche drastisch vermindert und eine rasche Konzentration des Oberflächenabflusses ermöglicht. Nach der Versiegelung entstehen höhere Abflussspitzen und höhere Frachten zu einem wesentlich früheren Zeitpunkt.

Die im Sinne des WRG 1959, § 39 (1) geltende Forderung der Abflussneutralität aus Flächenversiegelungen kann somit nur das minimale Ziel bei der Beurteilung des Abflussgeschehens aus Versiegelungen sein. Der Mehranfall an Oberflächenwässern ist durch eine gezielte Planung und Projektierung von Maßnahmen auszugleichen.

**Werden Flächen versiegelt, welche bereits durch ihren natürlichen bzw. aktuellen Zustand eine kritische Abflussreaktion aufweisen, so ist durch eine sinnvolle Planung von Maßnahmen eine Verbesserung der Abflusscharakteristika im gesamten Einzugsgebiet zu erzielen. Diese Vorgangsweise sollte bei jenen Flächen in Betracht gezogen werden, welche aus natürlichen oder bereits anthropogen beeinflussten Verhältnissen eine hohe Abflussbereitschaft (über 50%, AKL 4 und 5 nach Markart et al. 2004) aufweisen.**

Um eine systematische Vorgangsweise bei der Entscheidungsfindung im Umgang mit Versiegelungen zu ermöglichen, wird dem Sachbearbeiter das in Abb. 1 dargestellte Entscheidungsdiagramm angeboten.



**Abb. 1**  
Entscheidungsdiagramm zur Beurteilung von Versiegelungen und Maßnahmen

Im Zuge der technischen Maßnahmenplanung zur Beherrschung des Wasseranfalls aus Versiegelungsflächen stehen grundsätzlich drei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Versickerung
- Ableitung (direkt oder gedrosselt)
- Retention

### Versickerung

- Diese sollte in Risikobereichen, welche durch aktive und reliktsche Rutschungs-, Gleit- und Kriechprozesse gekennzeichnet sind, unbedingt verhindert werden. Eine Beeinflussung des Boden- und Hangwasserhaushaltes durch zusätzlichen Wassereintrag ist hier zu verhindern.

- Eine Versickerung ist nicht sinnvoll, wenn auf Grund der Topographie bzw. des Untergrundaufbaues schnell austretender Zwischenabfluss (Reflow) zu erwarten ist.
- Eingeschränkt ist die Möglichkeit der Versickerung weiters in Gebieten, welche auf Grund von Schutzgebieten (v.a. Wasserschutzgebiete) keinen oder nur einen beschränkten Eingriff in den Wasserhaushalt zulassen. Hier ist auch die Problematik des Schwebstoffeintrages in den Untergrund von Bedeutung. In diesem Zusammenhang sei auf das WRG 1959 oder das Merkblatt Versickerung (Amt der Oö. Landesregierung 2006) verwiesen.
- Limitierung aufgrund der lokalen Untergrundsituation - wenn beispielsweise die Infiltrationskapazität des Bodens sehr gering ist, kann nur ein entsprechend kleiner Anteil des Wassers versickert werden.
- In Zonen mit hohem Grundwasserspiegel ist sie zwangsläufig limitiert.

Können negative Folgen durch die Versickerung ausgeschlossen werden, kann diese Maßnahme der Abflussminderung bevorzugt angewandt werden.

### **Retention**

Durch Retention eines Teiles der Abflussfracht kann die aus versiegelten Flächen entstehende Abflussspitze wirksam gesenkt werden.

- Eingeschränkt wird die Möglichkeit der Retention jedoch in geologischen und geotechnischen Problembereichen. Durch mangelhafte Abdichtung und somit einhergehende Versickerung kann der Wasserhaushalt des Untergrundes erheblich gestört und in weiterer Folge können unerwünschte Folgeprozesse ausgelöst werden.
- Weitere Gründe für die kritische Prüfung von Retentionsmaßnahmen liegen in komplexen räumlichen Verhältnissen oder auch bei rechtlichen Randbedingungen (z.B. wasserrechtliche Hinderungsgründe).
- Retention ist oftmals auch mit einem erheblichen Kostenaufwand verbunden, daher wird häufig der Aufwand für Planung und Umsetzung der Maßnahmen eingeschränkt.
- Mit der Installierung von Retentionsräumen ist weiters ein Instandhaltungsaufwand verbunden, der bereits im Vorfeld abzuschätzen und nach Kosten/Nutzen zu bewerten ist.

### **Schadlose Ableitung von Oberflächenwässern**

Die Ableitung von anfallenden Oberflächenwässern ist auf direktem Weg durch rasches Abführen in den Vorfluter bzw. das lokale Kanalnetz oder durch gedrosselte Einleitung in Kombination mit Retention und Versickerung möglich. Die Maßnahme der raschen Ableitung ist grundsätzlich zu vermeiden.

- Bei der raschen und direkten Ableitung muss natürlich die Kapazität des beaufschlagten Gerinnes oder Kanalnetzes gegeben sein. Dabei sind auch die Kapazität des übergeordneten Gewässernetzes zu beachten und die

Gesamtwirkung der raschen Zuführung lokaler Oberflächenwässer (Abflusskonzentration) abzuschätzen.

- **Bei der Versiegelung bzw. Verbauung von Flächen gilt generell die Minimalforderung der Abflussneutralität, daher ist der Abflussreduktion bzw. des Abflussrückhaltes aus den entsprechenden Versiegelungsflächen unbedingt der Vorrang einzuräumen.**
- Neben den angeführten Beschränkungen durch die Kapazität des Systems ist bei der Ableitung auf mögliche Erosionsprozesse im Gerinne durch das zusätzliche Wasserangebot zu achten. Dabei ist die Möglichkeit zusätzlicher Abtragsvorgänge im Gerinne unbedingt auf der gesamten durch das höhere Wasserangebot betroffenen Abflussstrecke zu überprüfen.
- Im Bereich von Risikozonen kann durch rasche Ableitung der anfallenden Oberflächenwässer die Beeinflussung des Wasserhaushaltes im Untergrund vermieden werden.

## 5 Beurteilung der Abflussdisposition

Bei der Ermittlung der Abflussdisposition eines Standortes vor dessen Versiegelung müssen a) der Abflussbeiwert und b) die Oberflächenrauigkeit der entsprechenden Fläche ermittelt werden.

- Es wird nicht das Abflussverhalten für das Bemessungsereignis angeschätzt, sondern jene Abflussdisposition angesprochen, welche der traditionellen und regional üblichen Bewirtschaftung des Standortes entspricht (**realistisch gute Standorteigenschaften**).
- Dabei sind sowohl die Eigenschaften der aktuell zu beurteilenden Fläche als auch die Eigenschaften der umgebenden oder benachbarten Flächen in die Beurteilung mit einzubeziehen. Diese erweiterte Betrachtung ermöglicht das Erkennen eventueller anthropogen verursachter Verschlechterungen auf der betreffenden Fläche und somit eine objektivere Einschätzung der Abflussverhältnisse. Durch diese Vorgehensweise soll verhindert werden, dass das Abflussverhalten von Flächen vor einer projektierten Bebauung oder Versiegelung künstlich verschlechtert wird (beispielsweise durch mechanische Verdichtung, intensive Beweidung oder durch Aufbringen infiltrationshemmender Substanzen und Materialien), z.B. um in der Folge einen möglichst geringen Aufwand zur abflussneutralen Bebauung zu erzielen.

Für die Beurteilung des Abflussverhaltens auf einer zur Versiegelung/Verbauung anstehenden Fläche werden folgende Indikatoren herangezogen:

- Vegetationsform (Wiesen, Äcker, Wälder)
- Aktuelle und bisherige Nutzung
- Bodenverhältnisse

## **Vegetationsform**

Die Ausweisung von Bauland erfolgt überwiegend auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, daher umfasst die vorliegende Anleitung primär Beispiele von Mähwiesen und einige Ackerflächen. Vereinzelt werden auch Waldflächen umgewidmet, daher sind auch Beispiele zum Abflussverhalten von Waldvegetation angeführt.

## **Bodeneigenschaften**

Primär sind folgende bodenkundliche Merkmale von großer Bedeutung:

- Der Anteil von Skelett bzw. Feinmaterial: Je höher der Anteil an Teilchen > 2 mm Durchmesser (Skelett oder Grobanteil), umso rascher erfolgt die Infiltration, sofern diese nicht in feine Teilchen eingelagert sind. Je höher der Feinanteil, insbesondere der Anteil an Schluff (0,063 mm bis 0,002 mm  $\emptyset$ ) und Ton (< 0,002 mm  $\emptyset$ ), umso langsamer laufen Versickerungsprozesse in der Bodenmatrix ab.
- Lagerung des Bodens: Bei lockerer Lagerung ist eine rasche Versickerung in die Tiefe möglich. Mit zunehmend dichter Lagerung nimmt der Anteil an rasch dränenden Poren ab, die Infiltration ist gehemmt.




In der Anleitung ist ein einfaches Schema für die Einordnung der Böden nach ihrem Infiltrationsverhalten enthalten (Tab. 1).

## **Abflussbeiwertklassen**

Die Abflussverhältnisse unterliegen in Abhängigkeit von verschiedenen Randbedingungen (Schwankungen der Bodenfeuchte, der Bioturbation, Verlauf der Vegetationsentwicklung, Art und Intensität der Bewirtschaftung etc.) saisonalen Schwankungen. Daher ist die Angabe von Abflussbeiwerten nur in Form von Bandbreiten bzw. Abflussbeiwertklassen sinnvoll. Für die vorliegende Anleitung wurde das System mit 7 Abflussbeiwertklassen von Markart et al. (2004) übernommen.



**Tab. 1**  
Grobeinteilung der Böden nach ihrem Infiltrationsverhalten

	<b>Boden</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Beispiel</b>
1	<b>Skelettreich- locker</b>	<b>Skelettreiche, grobkörnige bis gemischtkörnige Böden</b> mit hohem Grobanteil (Kies, Sand) <b>Wasserdurchlässigkeit hoch</b>	
2	<b>Feinteilreich- locker</b>	<b>Gemischt- bis feinkörnige Böden</b> mit Schluff- und Tonanteilen bis maximal 40%. <b>Wasserdurchlässigkeit hoch- mittel</b>	
3	<b>Feinteilreich bindig</b>	höhere Schluff- und Tonanteile (> 40%), <b>bindig</b> (plastisch). Der vorhandene Grobanteil wird nur in Trockenphasen (Schwundrisse) hydrologisch wirksam. <b>Wasserdurchlässigkeit mittel-gering,</b>	

Die Bewertung der Abflussdisposition von Baulanderwartungsflächen vor der Versiegelung kann vereinfacht nach dem in Tab. 2 angeführten Schema erfolgen.

Tab. 2

Schema für die Zuordnung von Abflussbeiwerten für Baulanderwartungsflächen, gegenüber der Geländeanleitung von Markart et al. (2004) stark vereinfacht

AKL	(Mäh)Wiesen
0	Auf <b>skelettreichen, lockeren</b> Böden mit <b>geringfügiger Zusatznutzung</b> (z.B. Kurzweide)
1	Auf <b>feinteilreich-lockeren</b> Böden <b>ohne Zusatznutzung</b>
2	Pfleglich bewirtschaftete Mähwiesen auf <b>feinteilreich-lockerem</b> Substrat <b>ohne</b> Zusatznutzung (Weide, Befahren mit schwerem Gerät, etc.)
3	<b>Feinteilreiches, noch lockeres</b> Substrat <b>mit Zusatznutzung</b> (z.B. Trittbelastung, lokales Befahren) oder Anzeichen von Pseudovergleyung/Hangwasserzug (wenige Tritt- oder Feuchtezeiger)
4	<b>feinteilreich-bindige</b> Böden (Pseudogleye, Braunlehme)
4/5	<b>Intensiv genutzte</b> Flächen im Siedlungsumfeld (Planien, Schipisten, Weiderasen, beweidete Mähwiesen, etc.), Substrat <b>feinteilreich-dicht</b> . Diese Flächen fallen eigentlich unter das Verschlechterungsverbot nach §1, WRG 1959 und sind, wenn im Umfeld Flächen mit besseren Abflusseigenschaften vorhanden sind, in der Beurteilung besser zu bewerten (AKI 3)
5	hohes Hangwasserangebot, Feuchtstandorte, Dichtlagerung
6	<b>vorverfüllte</b> Flächen (z.B. Niedermoore, Quellenmoore)

	Äcker
3	<b>Feinteilreiches-lockeres</b> Substrat mit <b>dichtem Bewuchs</b>
4	<b>Feinteilreich-bindiges</b> Substrat mit <b>dichtem Bewuchs</b> <b>Mais</b> mit Unterwuchs auf <b>feinteilreich-lockerem</b> Substrat
5	<b>Mais</b> auf <b>feinteilreich-lockerem</b> Substrat <b>Feinteilreich-bindiges</b> Substrat mit <b>unvollständiger Bodendeckung</b>

	Wälder
0	Auf <b>grobblockigem</b> Substrat und <b>skelettreichen-lockeren</b> Böden
1	Mischwälder auf <b>feinteilreich-lockeren</b> Böden mit <b>dichtem Unterwuchs</b>
2	Fichte ohne Unterwuchs mit hohem Anteil an Totholz auf <b>feinteilreich-lockerem</b> Substrat <b>ohne</b> Zusatznutzung (Weide, befahren mit schwerem Gerät, etc.) – Benetzungswiderstände der Auflage nach Austrocknung
3	Fi ohne bodendeckende Vegetation und Totholz, Benetzungswiderstände der Auflage und im Oberboden nach Austrocknung Wälder auf <b>feinteilreich-bindigem</b> Substrat mit <b>dichtem</b> Unterwuchs (Pseudogleye, Braunlehme)
4	Wälder auf <b>feinteilreich-bindigem</b> Substrat mit <b>geringer</b> Bodendeckung (dichte Pseudogleye, Braunlehme)

### Rauhigkeit



Die Anschätzung der Rauhigkeit erfolgt nach dem Schema von Markart et al. (2004). In einem Bildteil ist eine Reihe von Beispielen für die Zuordnung von Abfluss- und Rauhigkeitsbeiwerten enthalten. Ein Beispiel dafür gibt Abb. 2.

## Beispielstandort 6

Beispiel: Gosau, Sattelgraben

## Mähwiese

Referenzstandort: 2    X: 465245    Y: 270919




Abbildung 1: Mähwiese




Abbildung 2: Übersicht Schwemmkegel




Abbildung 3: Ansicht Bodenscholle

**Vegetation**

Mähwiese  
mehrschnittig

**(Zusatz)Nutzung**

Herbstweide

**Boden**

Braunerde-Pseudogley  
Wasserstauend - Tagwassereinfluss am Profilaufbau  
erkennbar (Rostpunkte, Punktkonkretionen...)

**Bodenart**

lehmiger Schluff (IU)

**Lagerung**

Feinteilreich-bindig

**Durchlässigkeit des Bodens**

Gering

**Geologie**

Gosauserie - Wechselfolge von Sandstein und Mergel  
Schuttkegel

**Einheit**

Kalkalpen/Pleistozän

**Festigkeit**

Lockersediment, z.T. bindig

**Hydrologische Bewertung**

*Abflussbeiwertklasse (AKL)*

0	>0-10	11-30	31-50	51-75	76-<100	100
0	1	2	3	4	5	6

Aufgrund der Bindigkeit des Oberbodens eingeschränkte Infiltration bei Starkregen

*Rauhigkeitsklasse (RKL)*

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Nach Mahd (kurzes Gras) und bei Herbstweide  
(reduzierter Deckungsgrad - 70% bis 90%) RKL 2

**Abb. 2**  
Beispiel für die Zuordnung von Abfluss- und Rauhigkeitsbeiwerten

## 6 Berechnungsansatz

Ein Berechnungstool zur einfachen Berechnung der Auswirkungen von Versiegelungen auf den Abflussspitze und -fracht (in MS-EXCEL) rundet die Ergebnisse der Untersuchungen ab.

Als Inputgrößen sind die Niederschläge nach der oberösterreichischen Starkregenauswertung standardmäßig enthalten, es können aber auch andere

Niederschlagsdaten (z.B. nach Lorenz und Skoda 2001) eingegeben werden. Der Anwender gibt die aktuellen Abflusseigenschaften (Abflussbeiwertklasse und Rauigkeit) ein und vergibt je nach Detailliertheit der zur Verfügung stehenden Unterlagen einen zukünftigen Versiegelungsgrad in Form eines Durchschnittswertes für die Fläche oder als unterschiedliche Versiegelungsgrade von Teilflächen (für Zufahrt in Asphalt, Zufahrt aus Rasengittersteinen, bebaute Fläche, Garten etc.). Im Berechnungstool werden Abflussspitze (HQ) und maximale Fracht (V) der unbebauten und der bebauten Fläche berechnet. Es können Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen simuliert, Muldenversickerung und Retentionsmaßnahmen einzeln oder kombiniert berechnet werden. Die Benutzeroberfläche und die Ergebnisdarstellung sind beispielhaft in Abb. 3 dargestellt.

Berechnung der Auswirkungen von Versiegelungen auf den Abfluss bei konvektiven Starkregen für Intensivsiedlungsräume des oberösterreichischen Salzkammergutes

Zurücksetzen

Berechnung

Jährlichkeit n **100**

Regenspende  $r_{D(100)}$  [l/s\*ha] **158**

Starkregendauer D [min] **90**

Regendauer wähler **90**

Bezeichnung der Fläche	A [m <sup>2</sup> ]	h [m]	AKL	RKL	Ψ	HQ [l/s]	V [m <sup>3</sup> ]	ΔV [m <sup>3</sup> ]	ED [h]
Gesamtfläche unbebaut	500		2	4	0,19	1	6		
Gesamtfläche verbaut			4,3	2,1	0,71	12	32		
Fläche für Versickerungsmulde	100						7		
Sickerfläche	20	0,10	Durchlässigkeit	schwach		0,0	2	-5	1.018,7
Fläche zu retendieren	400						19		
Retentionsbecken	20	0,50	Drossel			0,8	10	-9	8,7

**Maximale Spitze unbebaut (Richtwert für die Drosselung):** **0,8** HQ [l/s]

**Schätzwert erforderliches Retentionsvolumen:** **20** V<sub>Ret</sub> [m<sup>3</sup>] **4,0** V<sub>Ret</sub> [m<sup>3</sup>/100m<sup>2</sup>]

**Überlauf Versickerungsmulde!** **3** HQ [l/s] **5** V [m<sup>3</sup>] **360** D [min]

**Überlauf Retentionsbecken!** **9** HQ [l/s] **9** V [m<sup>3</sup>] **90** D [min]

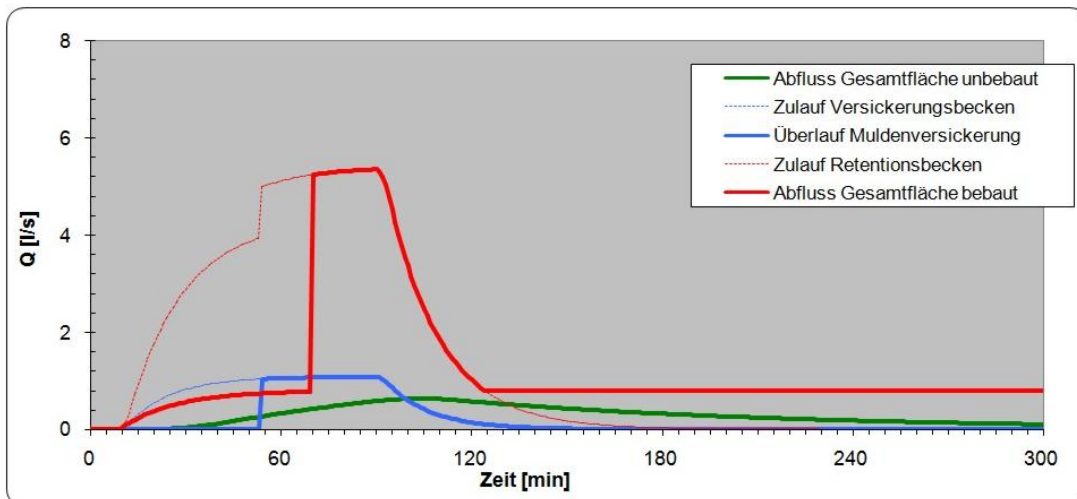


Abb. 3 Benutzeroberfläche des Berechnungstools mit Ergebnisdarstellung

## 7 Literatur

- Amt der Oö. Landesregierung (2006): Merkblatt Versickerung von weitgehend gereinigten häuslichen Abwässern in den Untergrund. Abt. Grund- und Trinkwasserwirtschaft, Kärntnerstraße 12, 4021 Linz.
- Becker, M. (1995): Intelligent mit Regenwasser umgehen. Forum Städte-Hygiene Sonderheft, Bd 46. Zit. in: Löber, T. Städtebaulich neuorientierte Regenwasserbehandlung. Berlin, Lehmanns Fachbuchhandlung.
- Berlekamp, L.R. und N. Pranzas (1992): Erfassung und Bewertung von Bodenversiegelungen unter hydrologisch-stadtplanerischen Aspekten. Dissertation FB Geowissenschaften Universität Hamburg. Zit. in: Löber, T. Städtebaulich neuorientierte Regenwasserbehandlung. Berlin, Lehmanns Fachbuchhandlung.
- BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Hrsg. (2005): Hydrologischer Atlas Österreichs, Version 2.0.0, Wien.
- Klebinder, K., G. Markart und B. Kohl (2007): Anleitung zur Beurteilung und quantitativen Berechnung der Auswirkungen von Versiegelungen auf den Abfluss bei konvektiven Starkregen für Intensivsiedlungsräume des oberösterreichischen Salzkammergutes. Unveröff. Projektbericht des BFW an den FTD f. WLW, Sektion Oberösterreich.
- Lorenz, P. und G. Skoda (2001): Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen ( $D < 12$  Stunden) mit inadäquaten Daten. Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich Nr. 80, 1-24.
- Markart, G. und B. Kohl (1995): Starkregensimulation und bodenphysikalische Kennwerte als Grundlage der Abschätzung von Abfluss- und Infiltrationseigenschaften alpiner Boden-/Vegetationseinheiten. Ergebnisse der Berechnungsversuche im Mustereinzugsgebiet Löhnersbach bei Saalbach in Salzburg. FBVA-Bericht Nr. 89, 38 Seiten.
- Markart G., B. Kohl, B. Sotier, T. Schauer, G. Bunza und R. Stern (2004): Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen (Version 1.0). BFW Dokumentation, Nr.3.
- Sieker, F. und H. Sieker (2003): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten. Grundlagen und Anwendungsbeispiele. Expertverlag.